



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Naturlig/hybrid ventilation

udvikling af dimensioneringsmetoder og styringsstrategier

Heiselberg, Per Kvols

Publication date:
1998

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Heiselberg, P. K. (1998). *Naturlig/hybrid ventilation: udvikling af dimensioneringsmetoder og styringsstrategier*. Institut for Bygningsteknik, Aalborg Universitet. Gul serie Bind R9811 Nr. 37

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

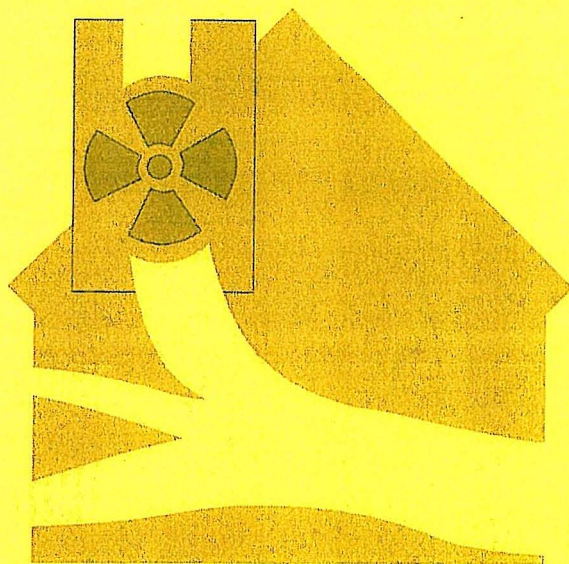
- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

INSTITUTTET FOR BYGNINGSTEKNIK

DEPT. OF BUILDING TECHNOLOGY AND STRUCTURAL ENGINEERING
AALBORG UNIVERSITET • AAU • AALBORG • DANMARK



Præsenteret ved Danvak Temadag: "Naturlig Ventilation i kontor- og institutionsbyggeri", Lyngby, 11. marts 1998

P. HEISELBERG

NATURLIG/HYBRID VENTILATION. UDVIKLING AF DIMENSIONERINGSMETODER OG STYRINGSSTRATEGIER

MARTS 1998

ISSN 1395-7953 R9811

INSTITUTTET FOR BYGNINGSTEKNIK
DEPT. OF BUILDING TECHNOLOGY AND STRUCTURAL ENGINEERING
AALBORG UNIVERSITET • AAU • AALBORG • DANMARK

Præsenteret ved Danvak Temadag: "Naturlig Ventilation i kontor- og institutionsbyggeri", Lyngby, 11. marts 1998

P. HEISELBERG

NATURLIG/HYBRID VENTILATION. UDVIKLING AF DIMENSIONERINGSMETODER OG STYRINGSSTRATEGIER

MARTS 1998

ISSN 1395-7953 R9811

Naturlig/hybrid Ventilation

Udvikling af dimensioneringsmetoder og styringsstrategier

Per Heiselberg, Aalborg Universitet

Ved vurdering af bygningers energieffektivitet fokuseres der i dag ikke kun på deres energitab, men også på hvordan denne energi frembringes, hvilke konsekvenser dette har for det omgivende miljø og i hvor høj grad bæredygtige energiteknologier kan udnyttes til at mindske bygningens totale energiforbrug. Byggestilen ændrer sig, således at bygningerne i højere grad fungerer i samspil med omgivelserne og ikke isolerer sig fra dem, og således at bæredygtige energiteknologier i højere grad udnyttes til at skabe et tilfredsstillende indendørs klima, når det er muligt. På områder som aktiv og passiv solvarme og udnyttelse af dagslys har der i flere år været en stor aktivitet.

I Danmark er det på ventilationsområdet først indenfor de sidste få år, at der seriøst har været tale om i højere grad at udnytte mere bæredygtige energiteknologier som naturlig ventilation og passiv køling. Desværre har diskussionen hidtil drejet sig om at anvende enten mekanisk ventilation alene eller naturlig ventilation alene, og om hvorvidt naturlig ventilation nu også kunne opfylde kravene til komfort og reduktion af energiforbrug. Naturligvis kan der ved anvendelse af naturlig ventilation ikke garanteres en bestemt ydeevne under alle forhold. Men man kan heller ikke garantere, at en bygning kan opvarmes ved solvarme eller oplyses med dagslys og dog er det ikke noget argument for ikke at udnytte disse teknologier.

Med de klimaforhold, der hersker i Danmark, vil naturlig ventilation i mange bygninger kunne anvendes en meget stor del af året og suppleret med mekanisk hjælp vil et sådant hybridt ventilationssystem kunne være et yderst effektivt ventilationssystem under forudsætning af, at det kan styres optimalt.

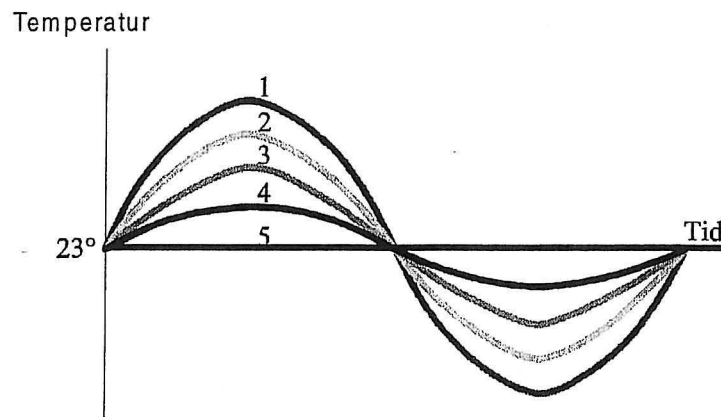
Hybrid ventilation - definition, forudsætninger og konsekvenser

Ved klimatisering af kontorbygninger kan der skelnes mellem to principielt forskellige fremgangsmåder.

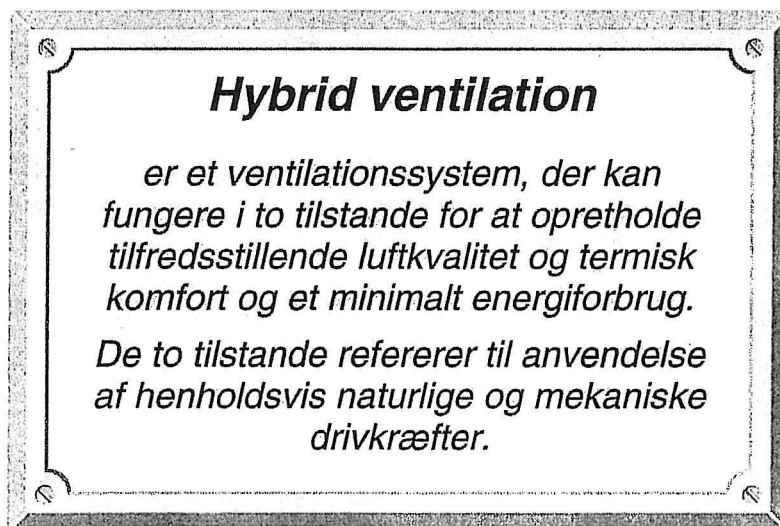
Ved den første fremgangsmåde er bygningens orientering underordnet og formen er kompakt for at minimere vekselvirkningen med omgivelserne og dermed isolere indeklimaet fra udeklimaet. Indeklimaet er kontrolleret automatisk ved hjælp af mekaniske systemer som opvarmningsanlæg, mekanisk ventilation, mekanisk køling og kunstig belysning.

Ved den anden fremgangsmåde prioriteres bygningens orientering, form og klimaskærm højt, og bygningen udformes, således at der opnås maksimal udnyttelse af omgivelserne, og således at der opnås en effektiv balance mellem automatisk kontrol af passive energiteknologier og brugernes mulighed for at udøve direkte kontrol over deres eget lokale indeklima.

Principperne for et hybridt system er illustreret på figur 1 og går ud på at reducere belastningerne for de mekaniske systemer fra forskellen mellem kurve 1 og 5 til forskellen mellem kurve 3 og 5 ved anvendelse af passive energiteknologier. Lempes kravene fra et konstant temperaturniveau til et niveau variende i takt med udeklimaet kan forskellen yderligere reduceres til mellem kurve 3 og 4. Filosofien er, at der kun skal anvendes mekaniske systemer, når de naturlige systemer er utilstrækkelige, og udfordringen til systemets opbygning er, at det skal være muligt at skifte mellem de to systemer og samtidig bibeholde deres respektive fordele. Definitionen på et hybridt ventilationssystem kan ses på figur 2.

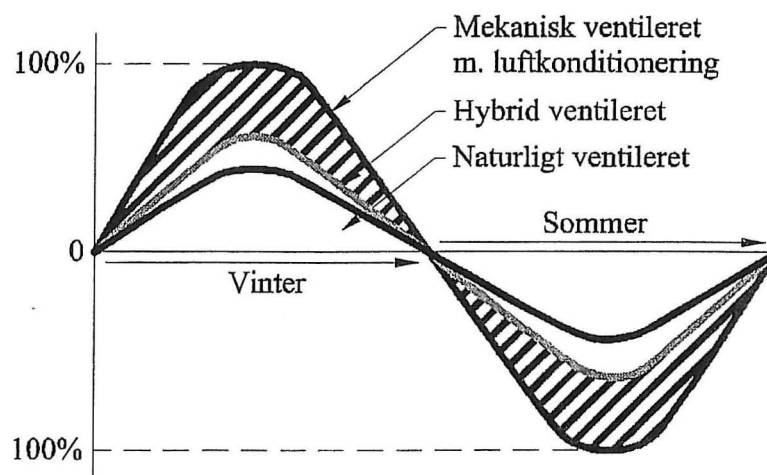


Figur 1. Princip for klimatisering af bygninger. Temperaturforhold ved: 1) udeklimaforhold, 2) udnyttelse af mikroklima og bygningskonstruktion, 3) udnyttelse af naturlig ventilation og passiv solvarme m.m., 4) hybrid ventilation og 5) fuld luftkonditionering. (modificeret udgave fra Olgyay 1963)



Figur 2. Definition på hybrid ventilation.

Energiforbruget for et hybridt ventilationssystem vil lægge mellem energiforbruget for et naturligt ventilationssystem og for et mekanisk ventilationssystem, som det er illustreret på figur 3, og energiforbruget vil afhænge af i hvor høj grad det naturlige ventilationssystem vil være tilstrækkeligt til at opretholde et tilfredsstillende klima.

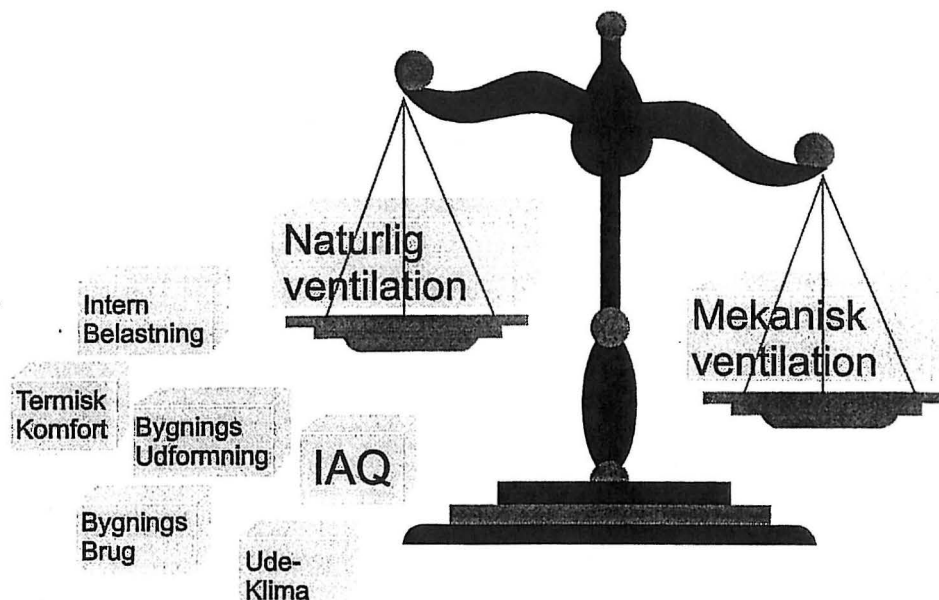


Figur 3. Energiforbrug til klimatisering af bygninger.

En lang række faktorer er bestemmende for i hvor høj grad naturlig ventilation vil være tilstrækkeligt til ventilation og klimatisering, se figur 4. Det er faktorer som udeklima, bygnings udformning, bygnings brug, interne belastninger samt kravene til luftkvalitet og termisk komfort. Deres indflydelse er beskrevet meget kort i det følgende.

For at kunne anvende naturlig ventilation skal udeklimaet være tempereret med temperaturer under den ønskede indendørs temperatur. Er udeklimaet meget koldt vil det af hensyn til den termiske komfort være svært at anvende naturlig ventilation og er det meget varmt og især fugtigt vil naturlig ventilation ikke kunne anvendes. Ved udformningen af bygningen skal alle rum have facader til det fri, og rummene kan kun have en begrænset dybde og skal gerne være lidt højere end sædvanligt. Bygningen skal være forholdsvis åben, således at det er muligt for ventilationsluften at strømme mellem rummene i bygningen. Indvendige rum og meget dybe rum kan ikke ventileres alene med naturlig ventilation. Ved meget store interne belastninger vil det af komfort hensyn være problematisk at anvende naturlig ventilation i vinterperioden, da det nødvendiggør tilførsel af store ventilationsluftmængder ved lave temperaturer. Store belastninger fra fx solindfald i sommerperioden resulterer ikke i de samme komfortproblemer, da udetemperaturerne er højere, og faktisk er det i disse situationer, at naturlig ventilation virkelig har sin styrke, da der kan fjernes meget store energimængder "uden" omkostninger.

I sidste ende er det dog afgørende, om det er muligt at overholde kravene til luftkvalitet og termisk komfort med naturlig ventilation, dvs. om de naturlige drivkræfter er tilstrækkelige til at tilføre den nødvendige luftmængde til klimatisering og sikring af luftkvaliteten uden at det resulterer i termiske komfortproblemer. Dette er selvsagt ikke muligt med naturlig ventilation alene, hvis der er meget stramme krav til temperaturniveau, luftfugtighed og luftkvalitet, mens det i almindelige bygninger med moderate krav til temperaturvariationer og luftkvalitet er muligt.



Figur 4. Balance mellem naturlig og mekanisk ventilation i hybride systemer.

For optimale kombinationer af ovennævnte parametre vil naturlig ventilation kunne anvendes hele året. I andre tilfælde vil det være nødvendigt med assisterende mekanisk ventilation i situationer med ekstreme vejrforhold, hvor ekstreme vejrforhold afhængigt af udeklimaet det pågældende sted kan variere fra ganske få dage om året til at omfatte både højsommer og midt vinter. Der kan også være tale om forhold, der kun gør det muligt med anvendelse af naturlig ventilation til natkøling af bygningen, eller at støj og forurening kun gør det muligt at anvende naturlig ventilation i dele af bygningen. Men i alle tilfælde vil det være væsentligt for valget af ventilationssystem at kunne vurdere funktionen af naturlig ventilation under forskellige udeklimatiske forhold og kunne vurdere i hvor stor udstrækning naturlig ventilation vil kunne klare opgaven, og i hvor stor udstrækning assisterende mekanisk ventilation vil være nødvendig.

Indsatsområder for fremtidig forskning

Der findes i dag ikke veldokumenterede metoder til vurdering af naturlig ventilations funktion hverken kapacitets eller komfortmæssigt, og meget af den erfaring, der tidligere eksisterede er glemt. Der findes simple dimensioneringsmetoder, der under forenklede forudsætninger er i stand til at forudsige ventilationskapaciteten af et naturligt ventilationssystem, men slet ikke dimensioneringsmetoder der tilnærmelsesvis modsvarer metoderne for mekanisk ventilation. Dette medfører naturligvis, at det er meget svært at garantere ventilationssystemets funktion medmindre der eksisterer erfaringer fra tidligere lignende byggerier.

Skal grundlaget for anvendelse af naturlig ventilation forbedres er opgaven derfor først og fremmest at få samlet den eksisterende viden og at formidle den til arkitekter og rådgivere. Dernæst gennem en forskningsindsats at øge videnniveauet og udvikle ny komponenter, ventilationssystemer, styringsstrategier, dimensioneringsmetoder m.m.

Den danske forskningsindsats vil i de kommende år være koncentreret på følgende emneområder:

- Udvikling af åbningskarakteristik
- Studier af strømningsforhold i og omkring bygninger (bebyggelser)
- Udvikling af nye analysemetoder
- Udvikling af strategier og styringsprincipper for hybrid ventilation
- Demonstration af anvendelsen af hybrid ventilation

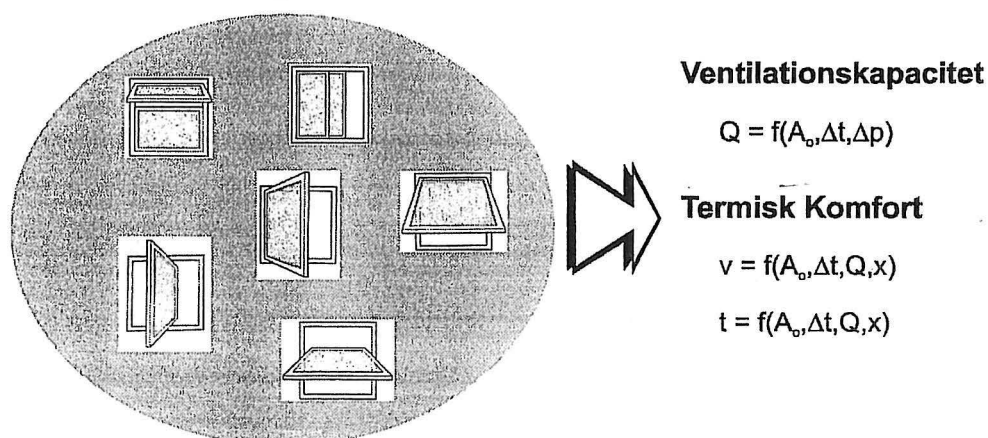
En stor del af indsatsen vil være finansieret af Energiministeriets Forskningsprogram (EFP) og af Statens Teknisk-Videnskabelige Forskningsråd (STVF), og vil blive udført i et samarbejde mellem Aalborg Universitet, Statens Byggeforskningsinstitut og Esbensen Rådgivende ingeniører. Forskningsindsatsen vil bidrage til en international indsats på området gennem samarbejdsprojektet IEA-ECB Annex 35: Hybrid Ventilation in New and Retrofitted Office Buildings, hvor Danmark fungerer som projektleder.

Udvikling af åbningskarakteristik

Det væsentligste element i et naturligt ventilationssystem er åbningerne i klimaskærmen. Der kan være tale om udeluftventiler, vinduer, riste eller lemme. Fælles for dem alle er, at kendskabet til deres funktion er meget begrænset. Der findes ikke data for deres kapacitet, dvs. hvor meget luft der vil passere igennem åbningen som funktion af trykforskellen over åbningen og som funktion af åbningsgraden. Der findes heller ikke data, der beskriver de komfortmæssige konsekvenser, dvs. hvilket hastigheds- og temperaturniveau kan der forventes i opholdszonen som funktion af udetemperatur og luftgennemstrømningen i åbningen.

Målet med indsatsen på dette område er at udvikle en metode til at karakterisere forskellige åbningstyper, som illustreret på figur 5, samt at udvikle en generel anvendelig målemetode til fremskaffelse af nødvendige data for den enkelte åbning.

På den måde vil der for naturligt ventilationssystemer kunne udvikles dimensioneringsmetoder for åbninger i klimaskærmen svarende til de metoder, der anvendes for dimensionering af diffusorer ved mekanisk ventilation.



Figur 5 Karakteristiske funktioner for åbninger i klimaskærmen ved naturlig ventilation.

Studier af strømningsforhold i og omkring bygninger (bebyggelser)

Et andet vigtigt element i et naturligt ventilationssystem er strømningsforholdene og mikroklimaet omkring bygningen, hvilke konsekvenser dette kan have for placering af

åbninger i klimaskærmen og hvordan forholdene omkring bygningen påvirker ventilationsforholdene i bygningen. Ofte vurderes åbningsplacering og strømningsforhold i bygningen på baggrund af termisk opdrift alene, mens mikroklimaet og vindpåvirkningen enten ikke tages i regning eller kun medtages i forbindelse med fastlæggelse af styringsprincipper for systemet.

Målet med indsatsen på dette område er ikke kun at undersøge hvordan tryk- og strømningsforhold i en bygning ændrer sig på grund af vindpåvirkning, men også hvordan lokale temperatur- og forureningsforhold i mikroklimaet omkring bygningen påvirker det naturlige ventilationssystemets funktion.

På den måde vil der kunne tages hensyn til mikroklimaet omkring bygningen ved dimensioneringen og vurderingen af et naturligt ventilationssystem til en bygning og mikroklimaet vil måske endda kunne indgå som en parameter ved planlægningen af bebyggelsen.

Udvikling af nye analysemetoder

Udformning, placering og indretning af bygningen har stor betydning for funktionen af naturlig ventilation, og det må der nødvendigvis tages hensyn til tidligt i projektfasen. Der er behov for langt større samarbejde mellem arkitekter og ingeniører meget tidligt og for værktøjer, der på et tidligt tidspunkt kan afgøre om naturlig ventilation overhovedet er en mulighed og som kan sikre, at det i givet fald er de rigtige beslutninger, der tages.

Målet med indsatsen på dette område er at udvikle et nyt projekteringsgrundlag og en ny probabilistisk analysemetode for naturlig ventilation, der sætter den projekterende i stand til at vurdere indeklima, energiforbrug og sikkerhed på baggrund af hele driftsperioden og ikke kun i udvalgte dimensioneringssituationer. Metoden skal desuden være i stand til at vurdere med hvilken sikkerhed krav til komfort og energiforbrug kan regnes opfyldt.

I dag projekteres ventilationsanlæg på baggrund af deterministiske beregninger af nogle få markant forskellige driftssituationer og der ses bort fra spredningen og usikkerheden på de indgående parametre. Hermed tænkes først og fremmest på udeklimaparametre som temperatur, fugtighed, vindhastighed og solindfald, men også på interne belastninger i form af personer, belysning og udstyr og på den menneskelige brug af og adfærd i bygningerne. Alle disse parametre varierer mere eller mindre tilfældigt fra time til time og fra dag til dag i driftsperioden og en probabilistisk analysemetode tager udgangspunkt i disse parametres stokastiske natur i stedet for den deterministiske indgangsvinkel, hvor udelukkende middel- maksimums- eller minimumsværdier anvendes. Analysemetoden skal også kunne inddrage samspillet mellem bygning, brugeradfærd og kontrolsystem, som der ses bort fra i dag, men som ofte ses at have afgørende indflydelse på funktion og energiforbrug.

Der vil blive lagt vægt på at udvikle en analysemetode, der kan anvendes tidligt i projektfasen, hvor kun et minimum af input data er til rådighed.

Udvikling af strategier og styringsprincipper for hybrid ventilation

Naturlig ventilation er en styringsmæssig stor udfordring, da styringssystemet foruden at skulle kunne regulere ventilationssystemets kapacitet efter behovet i bygningen også skal kunne tage hensyn til ændringer i udeklimaet og dermed ændrede drivkræfter og trykforhold for den naturlige ventilation.

Foruden videreudvikling af strategier og styringsprincipper for naturlig ventilation vil der især blive sat ind på to områder.

Det første er strategier for samspillet mellem naturlig ventilation og assisterende mekanisk ventilation, idet der skal udvikles principper for, hvordan skiftet mellem de to tilstande skal foretages, hvilke parametre der kan anvendes til at afgøre skiftet og hvornår det skal gøres. De centrale spørgsmål, der skal besvares, er hvor lang tid kan det accepteres, at de naturlige drivkræfter ikke er tilstrækkelige til at opfylde kravene til kapacitet, og når den assisterende mekaniske ventilation er i funktion, hvordan afgøres det om og hvornår de naturlige drivkræfter er tilstrækkelige til at klare ventilationsopgaven igen.

Det andet er strategier der sikrer brugernes indflydelse på deres eget lokale klima samtidig med at kravene til energiforbrug og ventilation i bygningen som helhed opretholdes. Ved hybrid ventilation vil klimaet i forskellige dele af bygningen variere og det vil også variere i afhængighed af udeklimaet. Det er derfor afgørende for opfattelsen af komfortforholdene, at brugerne har mulighed for at justere de lokale forhold.

Udvikling af ovennævnte vil være nødvendig for at kunne optimere anvendelsen af assisterende mekanisk ventilation i et hybridt ventilationsanlæg, minimere energiforbruget og sikre tilfredsstillende forhold for brugerne.

Demonstration af anvendelsen af hybrid ventilation

Hybrid ventilation er et forholdsvist nyt ventilationskoncept, men i dag er langt de fleste naturligt ventilerede bygninger faktisk udført med assisterende mekanisk ventilation. Forskellen mellem hybrid ventilation og de eksisterende systemer er, at assisterende mekanisk ventilation ikke er et nød anlæg, men en integreret del af ventilationssystemet, der tages i anvendelse, når de naturlige drivkræfter ikke er tilstrækkelige, eller hvis det er energimæssigt fordelagtigt.

Målet med indsatsen på dette område er at demonstrere, at en integreret anvendelse af naturlig og mekanisk ventilation både indeklimate- og energimæssigt er fordelagtig samt at demonstrere og evaluere udviklede målemetoder, åbningskarakteristikker, analysemetoder, styringsstrategier m.m. på en mere realistisk baggrund, end der kan opnås i laboratoriet.

På den måde vil demonstrationsbygningen på en gang fungere som show case for "state-of-the-art" indenfor hybrid ventilation og som fuld skala afprøvning af komponenter, dimensioneringsmetoder og styringsstrategier.

Konklusion

Hybrid ventilation er fremtidens energi effektive ventilationsform. Hybrid ventilation sikrer optimal udnyttelse af udeklimaet til klimatisering af bygninger, anvender kun assisterende mekanisk ventilation i ekstreme situationer, bruger bygningen til luftfordeling og har dermed et ekstremt lavt tryktab og sidst men ikke mindst fokuserer på brugernes individuelle behov . **Er dette ønsketænkning eller et realistisk mål?**

Referencer

Olgyay, V. [1963]: Design with Climate. Princeton University Press, Princeton NJ.

